

# 振動計測技術の修得

第1技術室 機械システム班 小川 勇治

## 1. はじめに

振動現象は、我々の身近な社会（例えば、地震、身体運動、自動車、産業用機械など）に大変多く存在し、古くからこれらの問題の解決や低減に向けた研究が行われている。このような機械の運転に伴う振動現象などを解析し、振動を低減あるいは抑制する対策を考えたり、又逆に振動を利用することを考える学問が、機械力学あるいは振動工学と呼ばれるものである。

機械力学・振動工学研究分野での計測・解析では、変動する大量の時系列信号データを取り扱う事が多く、コンピュータで解析するために膨大なデータを自動で取り込んだり、同じ流れの動作を繰り返し何度も行ったり、高速に演算処理を行ったりする必要がある。このような処理は、本来コンピュータが最も得意とするもので、産業・研究分野においては、試験装置や実験装置、あるいは産業・環境設備などの用途にそうしたパソコンや計測機器を用いて簡易的に、また容易にシステムを構築するノウハウや情報のコンピューティング・ニーズが必要とされている。

近年、特にこれらの計測器は、オールインワン方式のメモリカードやデータ収録用のフロッピーディスクを内蔵したものやGPIB (General Purpose Interface Bus)やRS-232C (Recommended Standard 232C) 等デジタル通信用の出力を備えたものが主流になっている。そこで、計測や制御において、これらのデジタル通信を利用して簡易的に容易にシステム構築できる技術を修得することや、現在使用されなくなった低スペックな古いパソコンを目的に応じて有効活用することは、極めて有効であると考えられる。

今回、「振動計測技術の修得」の研修機会が与えられたので、振動現象の測定や「走行車両の質量測定」にGPIBやRS-232Cデジタル通信を用いた計測・解析技術について報告する。

## 2. システムの構成

デジタル通信を利用した計測技術は、ソフトウェアの知識や実際にプログラミング経験のある人でなくとも、どのようなシステムを構築できるかの総合的な判断力と、さらにはそのためのソフトウェアやシステム構築ツールの情報力などがあれば、比較的簡単にシステムを組むことができる。システムを構成するために必要な総合的な判断力のための知識を図1. に示す。

データを取り込むシステムの構成法は、次の方式がある。

①アナログ・データを取り込むためのA-D変換ボードをパソコンの拡張スロットに装着し、アナ

ログ・データを直接パソコンに取り込む方法。

- ②ディジタル通信用の出力（RS-232C，GP-IB等）を備えている計測器からディジタル通信によりパソコンにデータを転送する方法。
- ③計測器のアナログ信号を、いったんデータ・ロガーなどに取り込み、A-D変換をしたのちディジタル通信（RS-232C，GP-IB等）でパソコンでデータ転送する方法。

計測器内でディジタル化された信号をコンピュータ転送するためには、それらディジタル出力端とコンピュータとをハードウェア的に接続する必要がある。通常用いられる接続手段には、ハードウェア的に標準化されているIEEE-488（GP-IB）またはRS-232Cバスを利用する方法がある。そのインターフェース・バスの特徴を表1.に示す。本研修では、システム構成の②の方法で行った。

【RS-232C】コンピュータとモデル間の接続のためのEIA（Electronic Industries Association）規格である。パソコン側で内蔵している機種が多い。特に電気信号レベルの雑音余裕度（ノイズ・マージン）が高く、遠距離転送に適している。ただし、転送速度はきわめて低い。SWITCHコマンドの設定が必要であり、それらを図2.に示す。

【GP-IB】計測器を対象とした国際統一インターフェース・バスであり、IEEE（Institute of Electrical and Electronic Engineers）で規格化され、GP-IBと呼ばれる。パソコン側にGP-IBインターフェースが必要。データの型、転送順序などソフトウェア上の規格はなく、各計測器専用のソフトウェアを用意しなければならない。

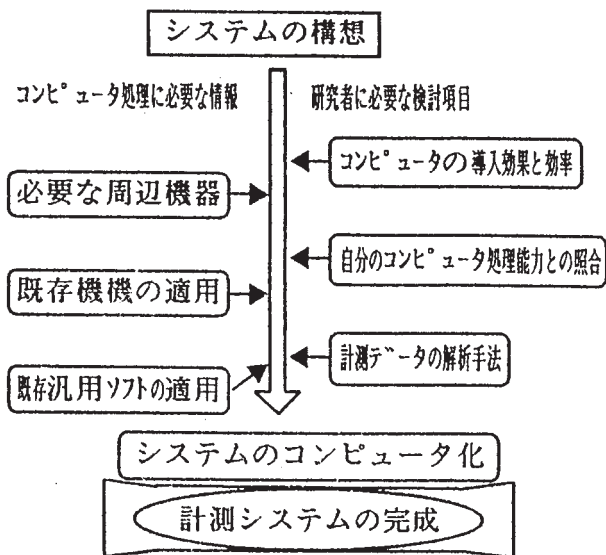


図1. システムを構成するために必要な総合的な判断力のための知識

	データ信号線 (全信号線)	転送速度	制御ソフトウェア	規格	特徴
IEEE-488 HP-IB GP-IB	パラレル: 8 ビット (16)	<10Kバイト/秒 (規格) <1Mバイト/秒	専用BASIC (INPUT#, PRINT#) 機械語	IEEE規格 ・IEEE488. 1975/ ・IEEE488A 1980	最大15台接続可能 ケーブル長20m 以内
RS-232C	シリアル: (1+1)ビット (13)	100バイト/秒 (1200ビット/秒)~ 800バイト/秒 (9600ビット/秒)	専用BASIC (INPUT#, PRINT#) 機械語	・EIA ・JIS-C6361 -71	入力信号レベル H: +5~+15V L: -5~15V
入出力 ポート	パラレル: (8×n)ビット	(BASIC) <500バイト/秒 (機械語) <50Kバイト/秒	BASIC (INP, OUT) 機械語		高速転送可能

注: 機械語プログラム、CALL文、USR文などでBASICにリンクして用いる。

表1. インターフェース・バスの特徴

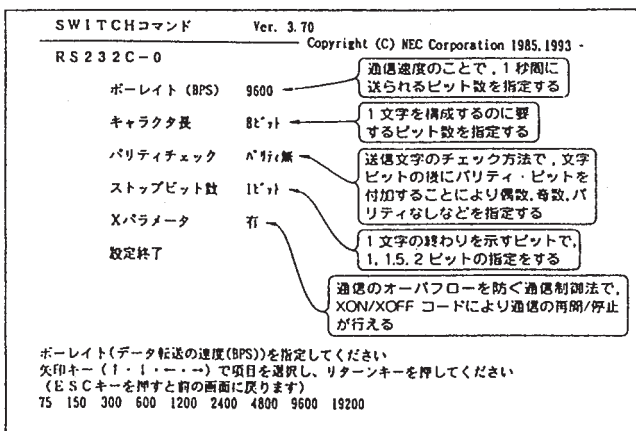
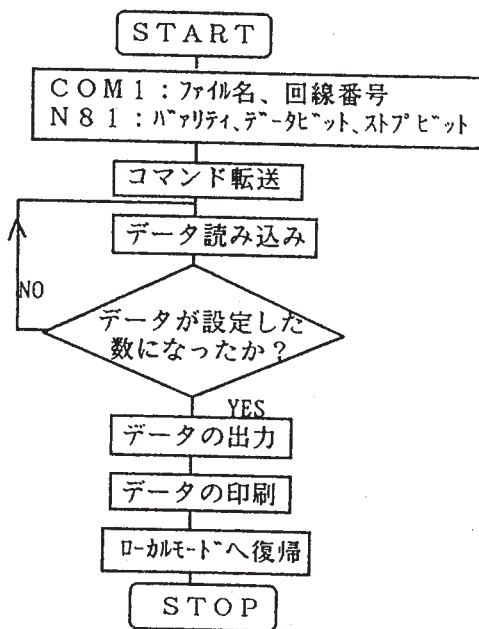


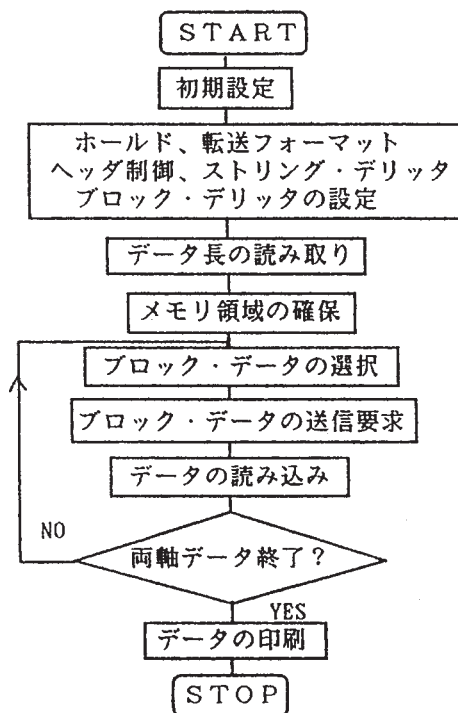
図2. RS-232C/SWITCHコマンド

### 3. データ取込と測定器

データ取込は、使用した測定器に標準装備されたRS-232CとGP-IBを用いて行った。データ取込のプログラム・フローチャートの例を図3. に示す。



(a) RS-232C



(b) GP-IB

図3. 計測器からのデータ収集用プログラム・フローチャート

実験に使用した測定器は、次の通りである。

『パソコン』：PC-9801RX、CPU=80286

『デジタルオシロレコーダ』：オムロンRT3208N

12ビットA/D変換器、(標) RS-232C

『デジタルスペクトラム・アナライザ』

R9211E、最大100KHZ、2CH、

16bitのFFT解析方式、(標) GP-IB

『PC-9801用拡張ボード/GP-IBインターフェースボード』

AB98-53B、1チャンネル、使用コントローラ=TMS9914A(TI社製)

入出力形式=IEEE-488(GP-IB)準拠、

入出力バッファ=75160相当品

『荷重計(ロードセル)』：9E01-L18-100K

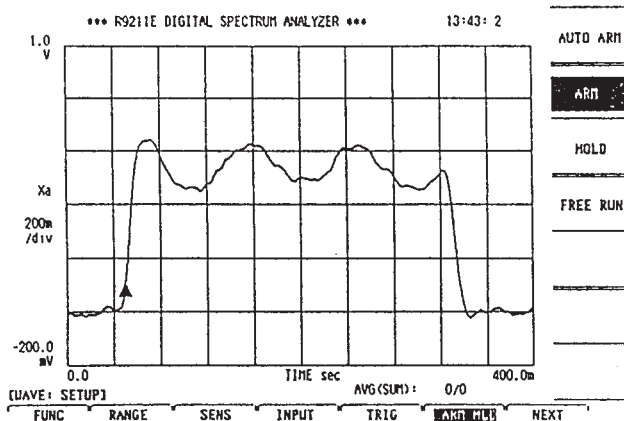
定格容量=100kgf

『動ひずみ測定器』：AS1202

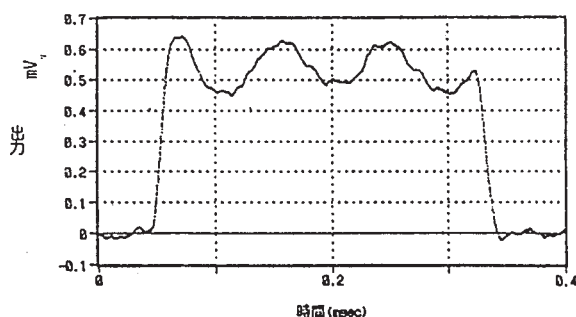
周波数特性=DC2KHz、バランス=オート

測定器の配置は、図5. の実験装置の系統図

に示す。走行車両の GP-IBで計測された荷重振動波形の結果一例を図4. に示す。



(a) R9211Eで測定波形



(b) Lotusでの再現波形

図4. 測定した走行車両の荷重波形

#### 4. 実験結果

本実験では、トラックスケール上に車両を停止させることなく、その質量を測定する簡便な振動理論による『走行車両の質量測定』を実験的に明らかにすることである。取り扱うモデルは、1輪車とした場合で実験装置の系統図を図5. に示す。

##### 【計測台不動の場合の質量測定理論】

車両が計測台に乗った後の運動方程式は、

$$m_2 + c_2 \dot{x}_2 + k_2 x_2 = 0 \quad (1)$$

となる。車両が計測台上で静止しているときは、

$$F = (m_0 + m_2) g \quad (2)$$

となり、車両が走行して計測台乗ったときに働く力は、静荷重と動荷重の和となる。

$$F = (m_0 + m_2) g - k_2 x_2 - c_2 \dot{x}_2 \quad (3)$$

車両荷重の信号を、車両が計測台に乗ってからある時刻  $t = t_0$  から一定時間  $T$  ごとに、 $t_0$  から  $T$  ごとに  $F_0, F_1, F_2, F_3, F_4$  の5個の信号をとると、一般解の特性方程式を解いて、次の行列式と置くと

$$\begin{bmatrix} \Delta_0 & \Delta_1 \\ \Delta_1 & \Delta_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \alpha_0 \\ \alpha_1 \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} \Delta_2 \\ \Delta_3 \end{bmatrix} \quad (4)$$

係数  $\alpha_0$  等が求まる。走行車両の質量は次式より

$$F = (m_0 + m_2) g = \alpha_0 F_0 + \alpha_1 F_1 + F_2 / \alpha_0 + \alpha_1 + 1 \quad (5)$$

と求まる。ここで、ばね定数や粘性係数は理論上任意、変位の初期条件も質量には影響しない。

図6. は、1輪車走行時の質量測定結果（質量2.44kg、走行速度0.24m/s）で、GP-IPデジタル通信より計測した一例を示す。実験結果より、実験値と理論式による計算結果とが良く一致することが確かめられた。

#### 5. まとめ

本研修を通じて、振動計測技術やその適用技術を修得できたことは、大変有意義であった。今後、新しい計測器やその他の計測・制御技術の課題等を検討し、それらの応用技術の修得に務めたい。

最後に、本研修の実施にあたりご理解と援助を頂いた機械工学科の小寺忠教授、プログラム作成にご援助いただいた応用物理学科の浅田拓志助手に深く感謝致します。

#### 《 参考文献 》

- 南 茂夫編著：科学計測のための波形データ処理：CQ出版（株）  
 山形 孝雄編：トランススPECIAL(NO.53). パソコンによる計測・制御入門：CQ出版（株）  
 戸蒔吉孝・津坂昌利：パソコン計測制御とインターフェース活用法：技術評論社  
 小川・小寺・渡辺：走行車両の質量測定(第2報 計測台不動の場合)：機講論：NO.987-1(1998.3)、123

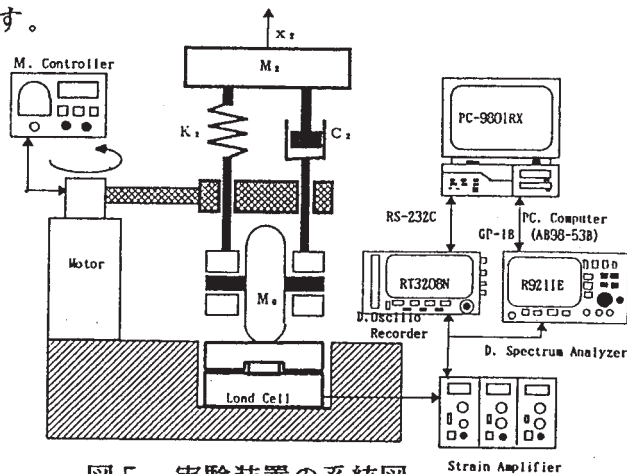


図5. 実験装置の系統図

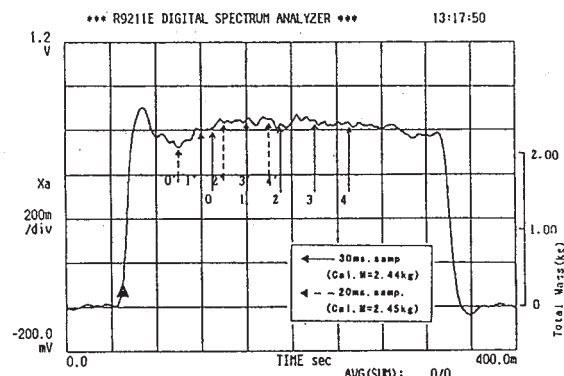


図6. 測定した振動解析波形